

VALORACIÓN DEL MÉTODO DE DENSIDADES FOCALES (KERNEL) PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PATRONES ESPACIALES DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN EN ESPAÑA

OLGA DE COS GUERRA

Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria
Avenida de los Castros s/n 39005 – Santander, España
olga.decos@unican.es

RESUMEN

La distribución de la población en España ha experimentado a lo largo de las últimas décadas un acelerado proceso de redistribución espacial. Éste, se materializó en diferentes fases, desde las primeras de centralización absoluta, hasta las más recientes, de descentralización, generalizadas en gran parte de las ciudades españolas. Para plasmar cartográficamente la tendencia e intensidad de estos procesos de redistribución demográfica, se evalúa como alternativa la adecuación del método de estimadores o densidades focales –concepto propuesto por A. Moreno, que responde al término inglés Kernel-, al permitir sus resultados la definición de patrones espaciales que pudieran quedar encubiertos en las extendidas salidas cartográficas coropléticas, resultantes de las densidades de base administrativa, en este caso, de base municipal.

Palabras clave: Estimadores focales (método Kernel), densidad de población, dinámica demográfica, descentralización, patrones espaciales.

ABSTRACT

Spanish population has experienced along the last decades an important process of spatial redistribution. It is materialized in different phases, since the first one of absolute centralization, to the most recent one of decentralization, generalized in most of the Spanish cities. For mapping the trend and intensity of these demographic redistribution processes, in this paper it is evaluated the adequacy of Kernel density method. The results enable the definition of spatial patterns that otherwise could remain concealed using traditional mapping techniques, relying on densities based on spatial administrative units.

Keywords: Kernel method, population densities, demographic dynamics, decentralization, spatial pattern.

1. Introducción: la redistribución demográfica y los procesos de descentralización urbana en España en las últimas décadas

La distribución de la población en España viene experimentando un conjunto de procesos, relativamente rápidos, de expansión espacial y cambio funcional, que han configurado modelos territoriales estrechamente relacionados y condicionados por el dinamismo metropolitano entorno a las áreas centrales. Así, la evolución demográfica de los municipios urbanos ha transformado su entorno periurbano adyacente, sobrepasando las barreras administrativas, para generar, de este modo, una realidad funcional de dimensiones supra-municipales.

Los municipios que contienen la ciudad entorno a la cual se organiza el sistema metropolitano, a continuación identificados -en sentido amplio- con la ciudad central, constituyen un espacio extraordinariamente complejo, protagonista de una expansión demográfica y funcional que no puede circunscribirse al propio límite administrativo en el que se ubica, organizando en su entorno, un área de influencia -dinámica y cambiante en el tiempo- caracterizada por la organización funcional entorno a la ciudad central y por el predominio de movimientos pendulares diarios a la misma, motivados por razones laborales, de abastecimiento, lúdicas, etc. Este ámbito, de límites difusos y cambiantes, tiene un tamaño variable -con frecuencia proporcional a la magnitud del municipio central- y constituye en términos generales el espacio metropolitano; un espacio, en el que el municipio central se identifica con la parte fundamental o pieza clave que rige el comportamiento y los procesos del resto del sistema que entorno a ella se organiza (González Urruela, 1991, 204).

En este sentido, la evolución demográfica de los municipios centrales determina la aparición de una serie de procesos evolutivos en los municipios colindantes, los cuales en las últimas décadas tienden a absorber la salida de efectivos demográficos desde los espacios centrales. No obstante, ya en los años 50 (Dickinson, 1947; Hawley, 1950, cit. en Arroyo, 2001) se planteaba la inversión de las fuerzas ejercidas por la pieza regidora del área metropolitana -la ciudad central-, pasando de una tendencia *centripeta* -largas fases de crecimiento y concentración en la ciudad central, foco de atracción inmigratoria, con la consecuente despoblación rural, tal como han señalado diversos autores (Capel, 1997, entre otros)- a protagonizar episodios *centrífugos*, materializados en la descentralización¹ y organización del espacio metropolitano circundante, claramente representado en tasas de crecimiento positivas de intensidad variable, que alcanzan su máximo desarrollo en los procesos contraurbanizadores, cuando esta emisión de población al exterior rebosa los difusos límites metropolitanos, incrementando el tamaño demográfico de otros municipios externos al sistema.

Por ello, son muchos los autores que coinciden en señalar que los ámbitos urbanos de fines de los 80 y los 90 están experimentando procesos de signo contrario a los que acontecían antes de los 70. De este modo, si lo que caracterizaba a la ciudad industrial era la concentración y centralización, las ciudades post-industriales -tanto las de mayor tamaño como las de tipo medio- son protagonistas de un importante proceso de *declive demográfico* -entendiendo por tal la pérdida de población- y de *descentralización* -por la tendencia de la población inicialmente residente en los municipios centrales a trasladarse a las áreas circundantes-. Sobre esta base, se puede llegar, incluso, a plantear que la influencia de la dinámica de los sistemas metropolitanos adquiere tal

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

dimensión, que puede condicionar la evolución y los patrones espaciales del resto de la región en la que dicho sistema se inserta.

Las causas de estos generalizados procesos de *descentralización*, se deben tanto a la *dinámica demográfica* -envejecimiento, ausencia de reemplazo generacional y reducción del crecimiento vegetativo, asociado al mayor descenso de la natalidad que de la mortalidad- como a los *cambios residenciales* producto, en gran medida, de una emigración selectiva, protagonizada en muchos casos por las parejas jóvenes, de reciente formación, o bien por familias ya consolidadas que optan por una inversión de mejora inmobiliaria en zonas menos saturadas que los centros urbanos.

Todo ello origina una situación de oposición en los comportamientos demográficos evolutivos de los municipios centrales y los que los rodean: la *descentralización* demográfica, o pérdida de población de los espacios centrales, tiene su origen en el vaciamiento residencial de los mismos, lo que paralelamente se traduce en la *atracción* y absorción poblacional de los ámbitos próximos.

En este sentido, la ciudad central será, como han señalado algunos expertos, el elemento articulador de una población que emigra hacia la periferia huyendo -en algunos casos- de los elevados precios de los inmuebles y de la competencia con las actividades terciarias (juego oferta-demanda), o -en otros casos- migraciones motivadas por el atractivo que suponen las tipologías constructivas de baja densidad periféricas, dominadas en ciertos sectores por urbanizaciones de viviendas unifamiliares -mayoritariamente adosadas y pareadas- que ofrecen un modo de vida atractivo y asequible para familias ya consolidadas.

Desde la perspectiva de la evolución demográfica, de los espacios metropolitanos y de las tendencias y preferencias residenciales de la población, destaca el modelo desarrollado por Hall y Hay (1980), en el que se alude, tanto a ámbitos como a procesos espaciales, experimentados por las distintas regiones analizadas que tienden, en su evolución, a la descentralización (Reques y Rodríguez, 1996) que es favorecida, además de por los mencionados cambios demográficos, por condiciones como la mejora de la accesibilidad entre la ciudad central y el resto del sistema metropolitano.

Según este modelo, se plantea la existencia de una *primera fase en la evolución urbana*, caracterizada por los siguientes procesos: cambio social (predominio de activos en el sector secundario), fuerte inmigración, centralización, urbanización dinámica y variada, crecimiento metropolitano, segregación espacial y, por último, congestión urbana.

Sobre la base de esta primera fase, ya en la década de los 80 -fundamentalmente en los últimos años-, se empiezan a manifestar los primeros indicios de inversión de los procesos urbanos que hasta entonces venían aconteciendo, configurándose así una *segunda fase evolutiva*.

Otros autores, ponen el acento en el cambio social como causa explicativa del cambio evolutivo en los espacios urbanos. En este sentido, destaca el estudio realizado por Precado Ledo en 1986, donde identifica cuatro tipos de subsistemas principales, según su estado evolutivo: 1. Subsistemas desarrollados (en los que la fase post-industrial es ya evidente) que pueden ser

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

subsistemas industriales evolucionados, industriales consolidados pero regresivos, terciarios de tipo metropolitano, o agroindustriales. 2. Subsistemas en vías de desarrollo, con un sistema industrial y rural en crisis. 3. Subsistemas basados en actividades turísticas y, por último, 4. Espacios que todavía se encuentran en fase preindustrial.

Estas situaciones tienen unos rasgos evolutivos característicos; así, paralelamente al mencionado cambio social, se produce un *cambio demográfico*, conocido como *segunda transición demográfica*, que se caracteriza por un comportamiento demográfico basado en la reducción de las tasas de fecundidad y el mantenimiento de una mortalidad baja de manera constante. Este tipo de dinámicas demográficas son generalizables a, prácticamente, todos los casos de ciudades españolas, en la segunda fase de desarrollo, que se puede identificar en términos generales con el conjunto de procesos -relacionados con el paso a la economía postindustrial- acontecidos desde fines de los 80 y en los 90.

A pesar de habernos centrado en las cuestiones relativas a la evolución demográfica y sus implicaciones en la distribución territorial de la población -por ser el objeto fundamental a analizar cartográficamente en este estudio-, no podemos obviar la complejidad de procesos de índole sociodemográfica y funcional que acontecen en las áreas metropolitanas españolas, sintetizadas en la [figura 1](#), entre los que destacan la *gradación espacial del envejecimiento*; la *reducción del crecimiento vegetativo*, propiciado por un descenso generalizado de las tasas de natalidad y de mortalidad, siendo el descenso de las primeras mayor que el de las segundas (Cheshire y Hay, 1985); la *segregación social*, e incluso la expulsión de ciertas clases degradadas mediante operaciones inmobiliarias de reforma, materializadas en los denominados procesos de *gentrificación* (Clark, 1992; Hamnett, 1992) o *elitización* (García Herrera, 2001) y la *reducción del tamaño familiar*, con una tendencia al predominio de hogares individuales o parejas solas, a la vez que disminuye la proporción de familias extendidas y se generaliza escasez de parejas de nueva formación en las áreas centrales, al trasladarse éstas en muchos casos a los municipios colindantes. Desde el punto de vista funcional, se acentúa la *segregación* espacial de las actividades, predomina el *abandono residencial* de ciertas zonas de la ciudad y la consecuente *terciarización*, de modo que se asientan en las áreas centrales aquellas actividades terciarias que resultan altamente beneficiadas (económicamente) de su ubicación central, de modo que pueden amortizar la gran inversión que supone adquirir un inmueble situado en un centro urbano (García Ballesteros *et al.*, 1989). Finalmente, a todos los procesos mencionados, se debe añadir la *importancia creciente de los movimientos intrametropolitanos*, favorecidos en gran medida por la división funcional. Esto conlleva el incremento de los movimientos pendulares diarios y la conversión de ciertas zonas residenciales metropolitanas en auténticos "barrios dormitorio".

A continuación, una vez apuntado someramente el complejo marco teórico en el que se encuadra este estudio, nos centraremos en la representación cartográfica de los procesos evolutivos apuntados, relacionados con la redistribución demográfica, prestando especial atención al vaciamiento demográfico de los municipios centrales y el consecuente crecimiento de los periféricos.

2. Objetivos

En los estudios geo-demográficos la disponibilidad de fuentes estadísticas oficiales condiciona con frecuencia los análisis y resultados numéricos, gráficos y cartográficos obtenidos. En el caso que nos ocupa, este condicionante se refleja en las unidades administrativas municipales que, como bien es sabido, se definen sin tener en cuenta la homogeneidad o el carácter específico que encierra cada recinto municipal, tanto en lo referente a aspectos físicos y naturales como en lo relativo al carácter demográfico, social o económico de la población que lo ocupa.

Esta distorsión impuesta por las unidades administrativas, se acentúa si lo que se pretende es realizar un cálculo de densidades de población (para un año concreto o bien de su variación interanual), en cuyo caso, en los municipios de mayor extensión se atenúan los valores de densidad, si bien en los de menor superficie éstas se acentúan, destacando frecuentemente en los intervalos de discretización extremos que representan la densidad de un determinado proceso.

Ante esto, el objetivo fundamental de este estudio radica en la comprobación de la adecuación de los estimadores focales (Kernel) como alternativa a la extendida cartografía de coropletas, para representar espacialmente las variaciones de la densidad de población en España. Para ello, estudiamos tres periodos evolutivos definidos por los años censales 1970-1981, 1981-1991 y 1991-2001, en los que se han producido procesos de cambio con suficiente entidad, para poner de manifiesto la validez del método estudiado.

No obstante, este objetivo general apuntado, se desglosa en dos aspectos específicos; de un lado, se valorará la utilidad del método para representar los cambios demográficos, analizando la coherencia de los patrones espaciales obtenidos como zonas supra-municipales de crecimiento en España y, de otro lado, se evaluará la matización de la intensidad de la variación de la densidad de población de los municipios españoles –tanto si es progresiva como regresiva– al no estar condicionado este indicador directamente por el tamaño superficial de la unidad administrativa de base.

3. Fuentes y métodos

3.1. Las fuentes estadísticas y cartográficas: el problema de la UEM

El estudio se basa principalmente en el volumen de población absoluta de cada municipio para los siguientes años censales: 1970, 1981, 1991 y 2001. Partiendo de estos datos iniciales, se tiene en cuenta el incremento o, en su defecto, decrecimiento poblacional a lo largo de cada periodo censal. La información necesaria para tal fin ha sido generada por el Instituto Nacional de Estadística de España, del cual se han incorporado los datos recientemente publicados y disponibles en Internet (www.ine.es) del Censo de Población y Viviendas de 2001.

Cada registro de la base de datos generada para el estudio, tiene como clave primaria el código INE municipal de cinco dígitos (dos de provincia seguidos de tres de municipio) y es éste el nexo que ha posibilitado identificar cada tupla de la base alfanumérica con su correspondiente polígono municipal, en la base cartográfica digital. Es necesario tener en cuenta –como apreciación

metodológica- que la utilización de unidades espaciales tan artificiales como son las unidades administrativas municipales y, en definitiva, cualquier organización administrativa (seccionados, distritos...), conlleva el conocido problema de la unidad espacial modificable (UEM), lo que genera errores de inconsistencia temporal, que condicionan la evolución de la investigación.

Como muestra, en nuestro objeto de estudio, es suficiente con señalar las siguientes cuestiones significativas: la base municipal del año 1991 está organizada en 8.075 municipios, pero los datos referidos al último censo (año 2001) están detallados unos 8.100 municipios, producto de la desagregación de la base cartográfica anterior. El efecto se amplía si consideramos todo el periodo estudiado, de modo que de todos los municipios que configuran nuestra base cartográfica, sólo unos 7.930 son municipios existentes en todos los años censales considerados desde 1970 hasta el año 2001.

Ante esto, se ha optado por la utilización de bases espaciales digitales que correspondan – en la medida de lo posible- con las bases de datos alfanuméricas censales. En este sentido, se ha partido de la base municipal digitalizada del I.N.E. para el año 1991, que con ligeras adaptaciones y variaciones se ha utilizado para los primeros años del periodo estudiado y, paralelamente, se ha incluido la base cartográfica municipal del Censo de 2001 para la representación de los datos del último año censal incluido en el estudio.

Estas adaptaciones en un estudio diacrónico, como el aquí presentado, son aceptables debido a que en las operaciones analíticas posteriores se hará abstracción de las unidades municipales de base, para operar con celdas discretas homogéneas, en el modelado raster. Así, en cada celda dispondremos de un valor de densidad que derivará de la posición del centroide de cada municipio incluido en el estudio.

Para los años censales en los que no se dispone de base digital municipal (1970 y 1981), que serán adaptados a las unidades administrativas digitalizadas según el Censo de 1991, se ha optado por mantener la existencia de un intervalo de casos nulos (en nuestro caso sin datos en alguno de los años, o en ambos) con el fin de no encubrir la ausencia de valores, evitando introducirnos en un proceso de adaptación y retoque espacial que podría ralentizar en desmedida el desarrollo de este estudio. No obstante, es necesario precisar esta medida de adaptación, pues ello condiciona que no se puedan realizar indiscriminadamente cálculos de promedios, tasas u otro tipo de elaboraciones estadísticas sin aislar previamente los registros sin datos.

3.2. El cálculo de densidades a partir del método de densidades focales

Este método ha sido abordado, en la bibliografía existente sobre el mismo, desde diferentes enfoques. Así, hay trabajos con un planteamiento matemático y estadístico puro (Silverman, 1986; Bailey y Gatrell, 1995; Brunson, 1995, entre otros) pero, asimismo, existen algunos estudios donde se presenta, explica y sistematiza este método con un enfoque más geográfico y aplicado, como el riguroso artículo de A. Moreno (1991), centrado en los tipos de *kernels* y sus especificidades. Destacables son, asimismo, el reciente artículo de J. M. Santos Preciado y F. J. García en el que se aplican diferentes técnicas alternativas para superar las imposiciones administrativas, o el interesante artículo de Escolano (2002) en el que utiliza el método kernel para

el estudio de la sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza, planteando incluso cuestiones intermedias entre las bases del propio método y la utilidad SIG para aplicarlo espacialmente a problemas concretos.

El método de *estimadores focales* (A. Moreno) para el cálculo de densidades a partir de variables referidas espacialmente a entidades puntuales, incluye una serie de parámetros que pueden condicionar de manera importante los resultados obtenidos. Actualmente, el programa que con mayor detalle permite configurar el tipo de kernel a aplicar es *CrimeStat*, donde se encuentran diferentes métodos de cálculo de densidades, tales como el normal, el uniforme, el cuadrático con un descenso más gradual de los valores calculados, o el triangular, en el que la variación es más marcada. Lógicamente, la elección de uno u otro marcará diferencias en la cartografía de densidades resultante.

Otro parámetro importante en el método de densidades focales es la elección del ancho de banda, que equivale al radio superficial que será utilizado como base para el cálculo de la densidad. Éste tenderá a pronunciar y exagerar los valores de densidad cuanto menor sea su tamaño y a suavizar y matizar los mismos si se opta por anchos de banda más amplios. En este sentido, el software mencionado permite la adopción de anchos de banda adaptativos, con lo cual éstos podrán ser modificados de unos periodos a otros en función del patrón de puntos y el comportamiento de la variable estudiada.

A pesar de las manifiestas ventajas del software mencionado, para el desarrollo de este estudio se ha optado por la extensión *Spatial Analyst* para el cálculo de densidades de ArcView. Las razones que justifican esta decisión son de diversa índole. Por un lado, la importante cantidad de puntos de partida (entorno a 8.000 para cada momento estudiado) exige la utilización de un software estable, con alta capacidad de gestión y de respuesta. Por otro lado, la distribución de puntos de partida apenas varía de un año a otro y además es determinante la posibilidad de comparar unos momentos con otros, con lo cual la elección de anchos de banda variables no es necesaria en este estudio, ya que puede incluso llegar a distorsionar las diferencias de densidad calculadas para los diferentes periodos. Finalmente, la elección de la herramienta está altamente condicionada por la naturaleza de los datos representados; en este caso, la densidad de la distribución de puntos no es el objeto de estudio, de modo que lo realmente representativo es la densidad de población asignada a cada celda a partir de la magnitud de la variable en cada punto de base utilizado. En este sentido, la extensión *Spatial Analyst* desde las primeras fases exploratorias generó patrones representativos de las evoluciones espaciales de la población, apuntadas en las teorías de expertos geodemógrafos.

Paralelamente, la escala a la que se presenta la cartografía final apenas permite entrever pequeños matices derivados de las sofisticadas alternativas metodológicas que de otros programas pudieran derivarse. Por todo ello, en este estudio empírico se supedita la herramienta a la naturaleza de la variable abordada y al objeto del estudio; de hecho, más que la propia distribución de centroides o la elección de una función de interpolación de densidad concreta, lo más destacable es la posibilidad de obtener densidades que superen las imposiciones interpuestas por la variedad de superficies municipales que aparecen en el territorio abordado.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

En este caso concreto, el cálculo de densidades mediante la aplicación del método de densidades focales (Kernel) parte de las poblaciones absolutas referidas a los centroides municipales en los años censales 1970, 1981, 1991 y 2001. A partir de estos datos iniciales, se realiza el cálculo de densidades y, posteriormente, mediante una superposición aritmética se resta la densidad del año inicial a la del final, con lo que se obtiene la cartografía de la variación de la densidad de población a partir del método de estimadores focales para tres periodos derivados 1970-1981, 1981-1991 y 1991-2001.

En cualquier análisis de densidades focales, es necesario pre-establecer los parámetros de partida, los cuales serán determinantes para los resultados que se van a obtener. En este estudio se han adoptado los siguientes parámetros.

- Un **tamaño de pixel** de 500 metros de lado, que abarca la península e islas mediante una malla organizada en 2.553 filas y 3.729 columnas. Con este tamaño de píxel se genera una retícula que nos permite una visualización adecuada en pantalla -a una escala aproximada de 1:7.000.000-. Asimismo, con este tamaño de celda, se obtiene una calidad visual aceptable, sin los desagradables efectos "pixelados", incluso haciendo ampliaciones hasta escalas cercanas a 1:1.500.000. En nuestro caso, no se prevé la realización de ampliaciones más detalladas -para lo cual sería necesario partir de otras unidades de referencia no municipales, por ejemplo, los núcleos-, por lo cual se ha definido un tamaño de celda que se ha considerado equilibrado con los objetivos y que puede ser gestionado con agilidad por nuestro equipo informático.
- El **ancho de banda**. La elección del ancho de banda resulta determinante para los resultados obtenidos; por ello, trabajos como el de Bailey y Gatrell (1995) se han centrado en abordar este aspecto en profundidad. Como la alternativa en otros estudios, en cambio, se plantea la elección de un ancho de banda más *subjetivo* que, tras un proceso de ensayos variados, sea elegido por el investigador como el más adecuado para poner de relieve los procesos estudiados. En el caso abordado, se ha optado por la realización de un análisis previo de la distribución de los puntos iniciales (centroides municipales) para el recinto completo (polígono de península e islas). Así, mediante la aplicación del *k-nearest neighbour* (basado en las distancias entre puntos) contenido en las extensiones de estadísticas espaciales de ArcView, se ha obtenido un ancho de banda de aproximadamente 12,3 km, que es considerablemente inferior al propuesto de manera automática por el software para el cálculo de la densidad focal (que ascendía a 35 km). No obstante, sobre esta base estadística orientativa del ancho de banda, se ha realizado una exploración previa, de la cual se pudo deducir que un tamaño de unos 15 km (próximo al cálculo del *k-nearest neighbour*) era adecuado, resultando el de 35 km excesivo, al provocar un efecto de suavizado que impide poner de relieve los patrones espaciales de la población.

El ancho de banda definido se ha mantenido invariable para todos los años censales, ya que la distribución inicial de puntos es muy semejante en todos los momentos abordados. Además, dado que el objeto de estudio conlleva una comparación diacrónica de las densidades entre 1970 y 2001, se ha considerado más oportuno no cambiar el denominador de la densidad entre unos años y otros.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

- Finalmente, se ha elegido como **unidad de medida** para expresar los valores de densidad obtenidos, el parámetro de superficie en kilómetros cuadrados. De este modo, cada *pixel* expresa un valor de habitantes por kilómetro cuadrado en la cartografía de densidades, para cada año. Asimismo, si comparamos el comportamiento de este indicador a lo largo de un periodo concreto, se obtiene un valor de crecimiento o, en su defecto, decrecimiento de la densidad, también medido en habitantes por kilómetro cuadrado (1970-1981, 1981-1991 ó 1991-2001).

Aún manteniendo invariables para todos los años analizados, los parámetros descritos, hay que tener en cuenta que para 1970 y 1981 se toma como base cartográfica la correspondiente al año 1991, con lo cual los centroides de referencia han podido variar de un momento a otro, algo que ya señalamos anteriormente cuando se planteó el problema de la unidad espacial modificable. Así, para la aplicación del método Kernel, se ha hecho en cada año y periodo analizado -para los que no se disponía de una base cartográfica digital- una consulta espacial de todos los centroides para los cuales se disponía de información, de modo que el resto de municipios nulos -que no se registraban en alguno de los años censales implicados-, se han obviado en el análisis.

Metodológicamente, es importante tener en cuenta también la apreciación señalada por S. Escolano (2002, 176) al poner de manifiesto que a pesar de referir un valor de densidad a cada *pixel*, de tamaño arbitrario, en realidad cada celda forma parte de una unidad superior (kernel) y por ello asume el valor de dicho kernel, sin significar esto que haya de ser considerado *pixel a pixel*; de hecho, si hacemos el cálculo de los contornos a partir del *grid* generado con el método de densidades focales podemos observar cómo se definen isolíneas de densidades a partir del conjunto de *píxeles* de igual valor ([figura 2](#)).

4. Los resultados

El tratamiento de la información demográfica de base municipal con ArcView ha permitido, por un lado, la elaboración de cartografía específica para los diferentes periodos estudiados y, por otro, la generación de consultas espaciales y cálculos agregados a partir de las variables base.

Para centrar nuestro análisis sobre los ámbitos urbanos y metropolitanos, se han identificado, en primer lugar, todos los municipios que alojan la capital de cada una de las provincias -condición que históricamente ha contribuido, en buena medida, al desarrollo urbano de estos ámbitos que ahora abordamos-. Asimismo, han sido incorporados también los municipios de cierto tamaño demográfico, criterio discutido, pero frecuentemente utilizado por los investigadores para acotar espacios urbanos. Concretamente, se han considerado los municipios con más de 50.000 habitantes. Estos dos criterios han permitido individualizar un total de 115 municipios, que suponen tan sólo el 6% de la superficie del país, pero casi el 50% de la población censada en el año 2001.

Posteriormente, mediante una consulta espacial, se han señalado el conjunto de municipios que limitan en algún tramo con los municipios indicados anteriormente, de lo que ha resultado un total de 944 municipios, que engloban el 14% de la superficie total y más del 16% de la población. En este caso, debemos interpretar estos anillos como el área teórica de influencia que puede definirse a partir de los municipios que alojan la ciudad central, a pesar de que ello origine zonas de

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", GeoFocus (Artículos), nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

influencia con superficies muy variadas, determinadas directamente por el tamaño superficial de los municipios limítrofes; así, puede llegarse a situaciones contradictorias, tales como que el área que circunda el municipio de Albacete -que no llega a los 150.000 habitantes-, sea superior en superficie al de Bilbao, que cuenta con casi 350.000 individuos censados en el 2001 en el municipio central.

Así, tal como muestra la [figura 3](#), las tres zonas definidas, han quedado organizadas del siguiente modo: las propias capitales de provincia y los municipios de cierta entidad demográfica, los municipios limítrofes a estos anteriores y, finalmente, el resto de municipios (80% de la superficie pero menos del 35% de la población) que no forman parte de ninguna de las categorías mencionadas. En esta aproximación inicial, el argumento básico de definición de zonas de interés urbano y metropolitano, ha sido el tamaño demográfico y la continuidad con los municipios centrales y será, sobre estos ámbitos inicialmente definidos, sobre los que prestaremos especial atención para analizar las representaciones cartográficas posteriores.

La evolución demográfica de estos corredores, presenta un comportamiento interno contrario; así, tal como muestra la [tabla 1](#) ha habido una tendencia a la pérdida de representación demográfica de los municipios capitales, fundamentalmente en el periodo 1991-2001, mientras que los municipios limítrofes han incrementado el porcentaje de población censada de modo progresivo en las tres décadas analizadas.

Esta tendencia se hace patente también si analizamos las densidades población -y sus variaciones- en los tres ámbitos apuntados, entre 1970 y 2001 (véase [tabla 2](#)). Así, las capitales de provincia experimentaron un incremento en su densidad de población entre 1970 y 1981 para, tras este año, ir descendiendo ligeramente. Tendencia contraria observamos en los municipios limítrofes y en el resto de municipios donde, a pesar de tener unos valores de densidad considerablemente más bajos (entorno a 100 y a 50 habitantes por kilómetro cuadrado respectivamente), el crecimiento demográfico se observa no sólo en términos absolutos sino también en un incremento de la densidad de población entre el año inicial y final de cada periodo considerado.

Si destacables son los datos sintéticos mencionados, las variaciones locales lo son aún más; así, no todas las capitales han crecido o decrecido en los mismos periodos ni con la misma intensidad y lo mismo ocurre con las áreas metropolitanas, cabeceras de comarca o con la evolución demográfica de los municipios rurales.

Por ello, resulta imprescindible representar espacialmente la evolución demográfica y la intensidad con la que los procesos progresivos (densidades crecientes) y regresivos (densidades decrecientes) acontecen, para lo cual se plantea como alternativa la cartografía de densidades a partir de los estimadores focales (Kernel), con el propósito de poner de manifiesto los patrones espaciales desde las zonas deprimidas a las más dinámicas desde el punto de vista evolutivo, con intervalos de densidad constantes en los tres periodos analizados, para realizar así un estudio diacrónico representativo.

4.1. Los patrones espaciales evolutivos del periodo 1970-1981: profundización de la fase de centralización absoluta

Como muestran los mapas de densidades generados a partir del método de estimadores focales para 1970 y 1981 ([figura 4](#)), la población reside de manera concentrada. A nivel intra-provincial la concentración se genera en las capitales de provincia, destacando como es lógico Madrid y Barcelona. A nivel nacional pueden observarse corredores de concentración en la costa mediterránea, en la costa gallega de A Coruña y Pontevedra, en el Cantábrico y también, se empieza a apreciar una ligera concentración en el valle del Ebro y en las capitales andaluzas a lo largo del valle del Guadalquivir.

Las densidades de población representadas para estos dos momentos censales son muy semejantes y aparentemente se produce una concentración de población en 1981 en las zonas que más densidad presentaban en 1970. No obstante, si calculamos la variación de la densidad en estos momentos, el resultado obtenido es mucho más representativo ([figura 5](#)). Centrándonos en el mapa que representa la variación de las densidades obtenidas a partir del método de estimadores focales, observamos cómo prácticamente todas las capitales de provincia constituyen un foco de crecimiento demográfico, cuya intensidad puede variar en función del propio tamaño poblacional del sistema. Se ha organizado un corredor de crecimiento en la costa catalana bastante claro, al igual que en la costa valenciana o en la vasca.

De este modo, parece clara la doble tendencia evolutiva de oposición entre la atracción poblacional de los centros urbanos, que se traduce en una variación de la densidad de población de crecimiento moderado, frente al resto de municipios con variaciones de densidad negativas; tanto es así, que los municipios de menos de 2.000 habitantes perdieron en la década analizada casi 780.000 efectivos demográficos, frente al incremento de más de 1.750.000 habitantes experimentado por las capitales de provincia.

4.2. Los patrones espaciales evolutivos del periodo 1981-1991: el comienzo de la pérdida de población de los centros urbanos

En 1991 los municipios que rodean a aquellos que contienen alguna ciudad de importante tamaño demográfico cobran protagonismo, lo que se materializa en un aumento de su densidad de población ([figura 6](#)).

Si ponemos en relación el mapa de densidades focales de población de 1981 con el de 1991, observamos que se plantea un modelo espacial muy diferente al comentado en el periodo anterior ([figura 7](#)). Así, se pueden apreciar focos de pérdida de densidad de población en los municipios centrales rodeados de incipientes anillos de crecimiento en sistemas metropolitanos avanzados, como Madrid, Barcelona o Bilbao.

El resto de capitales, continúan con una evolución demográfica progresiva, aumentando densidad de población, pero de manera más moderada; así, al comparar el modelo de estimadores focales de las variaciones de densidad de esta década con el de la década anterior 1970-1981 (teniendo ambos los mismos intervalos), se puede apreciar la pérdida de intensidad en las

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", GeoFocus (Artículos), nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

variaciones de densidad positivas, de modo que algunos patrones espaciales de crecimiento se diluyen o, incluso, se pierden. Véase, por ejemplo, lo ocurrido en la costa valenciana, donde el claro corredor de crecimiento señalado en la evolución de las densidades entre 1970 y 1981, ha perdido intensidad y continuidad, convirtiéndose en pequeños focos organizados entorno a los centroides municipales, pero sin llegar a generar un patrón espacial de crecimiento relevante.

4.3. Los patrones espaciales evolutivos del periodo 1991-2001: generalización del modelo de decrecimiento de los municipios centrales y expansión demográfica periurbana

El modelo de densidades focales en el 2001, representado en la [figura 6](#), destaca por el incremento de la densidad de población en los municipios próximos a los que alojan la ciudad central. Así, al analizar la variación de las densidades obtenidas con el método de estimadores focales en este último periodo ([figura 8](#)), entre 1991 y 2001, se aprecia la acentuación y confirmación de lo apuntado para la década anterior: el decrecimiento en los municipios centrales continúa, materializado en la pérdida de densidad de población, y son muchas las ciudades que en esta década reproducen con mayor o menor intensidad la tendencia de las más pioneras en el periodo anterior.

Entre 1991 y 2001, los corredores espaciales de máximo crecimiento de la densidad de población, aparecen frecuentemente asociados a variaciones de densidad decrecientes de los próximos municipios centrales, que como si ejerciesen una fuerza centrífuga sobre sus efectivos demográficos, organizan en muchos casos aureolas concéntricas de densidad que van disminuyendo a medida que aumenta la distancia al foco central, llegando incluso en el caso de Madrid a rebasar los límites de la propia comunidad, con corredores de densidad creciente que penetran en las provincias de Segovia, Toledo y Guadalajara.

Destacable es, asimismo, la franja de crecimiento organizada en la costa de Alicante – Murcia – Almería – Málaga o, con menor intensidad, el conjunto en la costa oriental de Cantabria y occidental de Vizcaya.

En este sentido, podemos concluir que partiendo de las densidades de población mediante el método de estimadores focales (Kernel), se ha puesto de manifiesto espacialmente la bien desarrollada teoría de la descentralización (pérdida de población de los espacios centrales). Esta descentralización hace que los ámbitos próximos a un foco de pérdida de efectivos demográficos, se nutran de ese excedente poblacional, lo que se materializa en un incremento de su tamaño demográfico y, por ende, de su densidad de población. Representativo es, en este sentido, el caso de ciudades pioneras como Madrid o Barcelona ([figura 9](#)), reconocidos focos de atracción demográfica, con el consecuente incremento de las densidades de población entre 1970 y 1981, que pasaron en la década siguiente 1981-1991 a invertir su tendencia, con pérdidas de densidad de población que continúan en el último periodo analizado y se extienden a otras ciudades de menor entidad.

5. Conclusiones

El cálculo de densidades con el método de estimadores focales (Kernel) para el estudio de la evolución demográfica, de base municipal, puede considerarse una alternativa interesante al tradicional cálculo de densidades coropléticas, por las razones que señalamos a continuación. De hecho, a pesar de las limitaciones derivadas del propio método podemos plantear su adecuación para diferentes aplicaciones.

5.1. Ventajas de las densidades focales para representar la evolución demográfica

Este método permite superar las densidades de crecimiento impuestas por las unidades administrativas, en este caso los municipios, los cuales, además de no estar definidos por su uniformidad geográfica, social ni demográfica, presentan unas superficies para el conjunto español excesivamente variadas, con una desviación típica de casi 110 y un rango de unos 3.000 kilómetros cuadrados. Este aspecto resulta fundamental, ya que con unas superficies tan polarizadas, la intensidad de los procesos de progresión y regresión demográfica queda, en ocasiones, encubierta y excesivamente matizada por unidades administrativas de gran tamaño o, por el contrario, potenciada artificialmente, en el caso de los micro-municipios.

De este modo, con la alternativa propuesta a partir del método kernel, se consigue que dos municipios con igual crecimiento o decrecimiento son representados espacialmente del mismo modo, independientemente de su superficie, parámetro que, como se ha mencionado, suele desvirtuar los patrones espaciales que tan claramente representados han aparecido en los mapas de densidades focales generados para cada década estudiada.

Al realizar un zoom para comparar en zonas concretas los resultados obtenidos con el método de estimadores focales y el cálculo de densidades de base municipal ([figura 10](#)), podemos constatar los siguientes efectos derivados del método:

- En la cartografía de la variación de las densidades a partir de los estimadores focales (kernel), se produce un suavizado de los resultados obtenidos, de modo que las rupturas de comportamiento en municipios limítrofes quedan diluidas por aureolas progresivas de incremento o pérdida de densidad.
- Con el método kernel, se generan patrones espaciales que permiten comprender los fenómenos evolutivos con más facilidad que la cartografía de coropletas.
- Este método, además, facilita la comparación de los resultados cartográficos de distintos ámbitos. Así, teniendo en cuenta que la base espacial es constante para todo el área estudiado, se deduce que distintos focos de igual variación de densidad implican, asimismo, un incremento o un decrecimiento demográfico absoluto igual; por ello, con esta alternativa metodológica, se consigue un cálculo de densidad proporcional a la variable representada en términos absolutos. En cambio, dos municipios pertenecientes al mismo intervalo de clasificación en el mapa de coropletas de base municipal, no pueden considerarse iguales en términos absolutos, si no se ha analizado previamente cuál es la relación $\text{numerador} / \text{denominador}^2$ (población / superficie) que ha originado un valor de densidad concreto.

Asimismo, otra ventaja de las densidades focales (Kernel) para la representación diacrónica de un fenómeno, como es la evolución demográfica, radica en su adecuación para plasmar la movilidad o progresión espacial del mismo en el tiempo. Con ello se consigue, la definición de franjas espaciales cambiantes que, cual "mancha de aceite", avanzan en una u otra dirección, intensificándose o, en su defecto, diluyéndose a lo largo de los periodos analizados.

5.2. Limitaciones de los estimadores focales (Kernel)

A pesar de las manifiestas ventajas, el método presenta ciertos inconvenientes, de los cuales el más destacado radica en el hecho de que las variaciones de la densidad de población entre el año inicial y final de cada periodo estudiado, aparecen realmente matizadas en ciertos ámbitos de los modelos focales generados en este trabajo. Ello se debe, fundamentalmente, a que en la aplicación del modelo de densidades focales no se contempla la existencia de barreras absolutas, que no deben ser invadidas con las aureolas de densidad. Esto origina, por ejemplo, que la variación positiva o negativa de la densidad de población de los municipios costeros se diluya concéntricamente por ámbitos ilógicos desde el punto de vista residencial ([figura 11](#)). De este modo, la alternativa metodológica para superar esta limitación consiste en la posibilidad de interponer barreras u obstáculos (sistemas montañosos, costa, etc) que actúen como pantalla en la extensión del cálculo de densidad, con lo cual se intensificaría el valor de densidad sobre el espacio superficial disponible, sin invadir espacios que posteriormente, con el método actual, deben ser recortados, con la consecuente pérdida de intensidad.

No obstante, ésta limitación puede asumirse, si se tiene en cuenta que la cartografía generada no pretende en ningún caso la exactitud, sino la identificación de grandes corredores o manchas que permitan definir de modo general patrones espaciales de comportamiento evolutivo desde el punto de vista evolutivo.

De hecho, si el objetivo perseguido fuese la precisión y exactitud cuantitativa, la propia información de partida podría ser cuestionable, ya que lo más correcto hubiese sido partir del semillero de puntos del poblamiento y no de los centroides municipales (tal como se manifiesta en el cambio de escala de análisis realizado sobre Cantabria en la [figura 12](#)). Debe, por tanto, señalarse, en descargo del método, que se plantea básicamente como una alternativa cartográfica para estudiar fenómenos y procesos espaciales, sin caer en la interpretación exacta y cuantitativa de los resultados obtenidos.

En relación con lo anterior, otra de las limitaciones del método, radica en la obtención de resultados muy geometrizarantes con formas concéntricas u ovaladas que cubren progresivamente el territorio analizado, haciendo abstracción de la realidad espacial. No obstante, la cartografía coroplética tampoco puede considerarse una técnica exacta³, ya que las rupturas de densidad bruscas entre municipios limítrofes no son reales y las unidades municipales no son homogéneas internamente, ni cuentan en su interior con un valor constante de densidad de población.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

5.3. Posibilidades de aplicación de las densidades focales

Las posibilidades, pues, de este método para temáticas aplicadas variadas⁴ parecen favorables (Moreno Jiménez, 1991, 170), siempre teniendo en cuenta que sus resultados buscan más la definición de grandes franjas y corredores espaciales que la imposición de límites precisos, más el orden de magnitud que la precisión cuantitativa y más la comparación de unas zonas con otras que la generación de cartografía temática por zonas.

En realidad, su funcionalidad es destacable para representar cartográficamente fenómenos con alguno de los siguientes objetivos:

- Para representar la densidad de fenómenos socio-demográficos cuando la información de base se encuentra referida a unidades administrativas sin significado geográfico. Así, supone una alternativa a la cartografía de secciones y distritos en ámbitos urbanos o a la cartografía municipal, como en el caso desarrollado, etc.
- Para la generación de patrones espaciales que permitan explicar un fenómeno en el tiempo, como la densificación demográfica de un determinado ámbito, la intensificación de dinámicas progresivas o regresivas desde el punto de vista demográfico, la concentración de la oferta o la demanda, etc.
- Para facilitar la comparación entre unos ámbitos y otros en relación a un mismo fenómeno sociodemográfico estudiado.

Se trata, en definitiva, de un método útil en campos de aplicación en los que la densidad demográfica sea un criterio de decisión, tales como los estudios de mercado, análisis de viabilidad y sostenibilidad, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Abellán García, A. (1976): "Estructura por sexo y edad de los distritos de Madrid". *Estudios Geográficos*, 144, pp. 303-317
- Arroyo, M. (2001): "La contraurbanización: un debate metodológico y conceptual sobre la dinámica de las áreas metropolitanas", *Scripta Nova*, 97, Septiembre. Universidad de Barcelona, 25 pp.
- Bailey, T. C. y Gatrell, A. C. (1995): *Interactive spatial data analysis*. England, Longman Scientific & Technical.
- Bonvalet, C. (1994): *Logement, mobilité et populations urbaines*. París, CNRS Editions.
- Bosque Sendra, J. (1992): *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Rialp, D.L.
- Bracken, I. y Martín, D. (1989): "The generation of spatial population distributions from census centroid data", *Environmental and Planning A* 21, pp. 537-43.
- Brunsdon, Ch. (1995). "Analysis of univariate census data" en Openshaw, S. (Ed.), "*Census users handbook*". Cambridge, GeoInformation International. pp. 213-238.
- Capel, H. (1975): "La definición de lo urbano", *Estudios Geográficos*, 138-139, t. I, pp. 265-301.
- Capel, H. (1997): "Los inmigrantes en la ciudad. Crecimiento económico, innovación y conflicto social", *Scripta Nova*. Nº 3, Mayo. Universidad de Barcelona, 18 pp.
- Cheshire, P. y Hay, D. (1985): "Problemas de declive y crecimiento en las ciudades de Europa", *Estudios Territoriales*, 19, pp. 31-56.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

- Clark, E. (1992): "On blindness, centrepieces and complementarity in gentrification theory". *Transaction of the Institute British Geographers*, 17, 3, pp. 358-362.
- De la Vega Benayas, S. (1989): "Los habitantes del centro de la ciudad de Sevilla (1970-1986)", en Grupo de Población de la AGE: *Análisis del desarrollo de la población española en el período 1970-86*. Síntesis, Madrid, pp. 161-167.
- Diez Orueta, F. (1991): "Los procesos de descentralización demográfica en las grandes ciudades. El caso español y una aproximación a otras ciudades del Sur de Europa", *Economía y Sociedad*, 5, pp. 221-233.
- Escolano Utrilla, S. (2002): "Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza", en Longares Alardeen, L. A. y Peña Monné, J. L. (Ed.): *Aportaciones geográficas en memoria del profesor L. Miguel Yetano Ruiz*. Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, pp. 173-182.
- Fielding, A.J. (1989): "Counterurbanization in Europe. Migration and urbanization in Western Europe since 1950", *The Geographical Journal*, 55, 1, pp. 60-69.
- García Ballesteros, A., Pozo Rivero, E., Arraiz Lozano, M. y Crespo Valero, M. P. (1989): "El envejecimiento actual de la población madrileña: diferencias espaciales". *II Jornadas sobre Población Española*. Palma, Universitat de les Illes Balears.
- García Herrera, L. M. (2001): "Elitización: Propuesta en español para el término gentrificación". *Biblio 3W*, 6, 332, Diciembre. Universidad de Barcelona, 5 pp.
- González Urruela, E. (1991): "Industrialización y desarrollo metropolitano en España", *Ería*, 26, pp. 199-215.
- Hamnett, C. (1992): "Gentrifiers or lemmings? a response to Neil Smith", *Transaction of the Institute British Geographers*, 17, 1, pp. 116-119.
- Méndez, R. y Caravaca, I. (1993): *Procesos de reestructuración industrial en las aglomeraciones metropolitanas españolas*. Madrid, MOPT.
- Moreno Jiménez, A. (1991): "Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel", *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 6, 30, pp. 155-170.
- Precedo Ledo, A. (1986): "Las modificaciones del sistema urbano español en la transición postindustrial". *Estudios Territoriales*, 20, pp. 121-138.
- Reques Velasco, P. y Rodríguez Rodríguez, V. (1996): "Prospectivas demográficas y territoriales", *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 11, 41, pp. 173-222.
- Reques Velasco, P. y Rodríguez Rodríguez, V. (1998): *Atlas de la población española. Análisis de base municipal*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, CSIC y ESRI-España. Santander.
- Santos Preciado, J. M. y García Lázaro, F. J. (2003): *El método dasimétrico – picnofiláctico: un procedimiento para la desagregación de datos censales*, en IX Conferencia Iberoamericana de SIG, Cáceres, 24-26 Septiembre 2003.
- Scout, D. (1992). "Multivariate density estimation: Theory, practice and visualization". New York, Wiley.
- Silverman, B.W. (1986): *Density estimation for statistics and data analysis*. Londres, Chapman and Hall.
- Sweitzer, J. y Langaas, S. (1995): "Modelling population density in the Baltic States using the digital chart of the world and other small scale data sets", en Gudelis, V., Povilanskas, R. y Roepstorff, A. (Eds.): *Coastal conservation and management in the Baltic region, Proceedings of the EUCC -WWF Conference*, 1994, Riga - Klaipeda - Kaliningrad, pp. 257-267.

De Cos Guerra, O. (2004): “Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

Williamson, D. y McLafferty, S. *et al.*: “A better method to smooth crime incident data” en <http://www.esri.com/news/arcuser/0199/crimedata.html>

Notas

¹ Es frecuente encontrar en los estudios sobre la evolución demográfica en las áreas urbanas, la utilización de conceptos como *desconcentración urbana* (Bonvalet, 1989), *descentralización* (Cheshire y Hay, 1985; Díez Orueta, 1991; Reques y Rodríguez, 1996) o *redistribución poblacional* (Fielding, 1989). Algunos autores, como Abellán García, prefieren hablar de *despoblamiento* al referirse a la pérdida de población. A pesar de tratarse de un término más *tajante*, viene a significar lo mismo que los conceptos anteriormente mencionados.

² Sirva como ejemplo, un caso al azar como el del municipio Godella (Valencia) y Benijofar (Alicante) ambos con una densidad de crecimiento entre 1991 y 2001 de unos 178 habitantes por kilómetro cuadrado, que es resultado de: un incremento poblacional de 782 habitantes en relación a una superficie de 4,4 kilómetros cuadrados de Benijofar, frente al incremento de 1.493 habitantes en relación a 8,4 kilómetros cuadrados de Godella.

³ “... la representación mediante coropletas debe considerarse inexacta, puesto que la transición de valores entre zonas adyacentes tiene lugar de modo brusco...” (Santos Preciado, J. M. y García Lázaro, F. J., 2003)

⁴ Destaca, en este sentido, la aplicación a la distribución de equipamientos desarrollada por A. Moreno (1991) y el novedoso estudio de sustentabilidad urbana realizado para la ciudad de Zaragoza por S. Escolano (2002). Importante es, asimismo, la aplicación al estudio de la intensidad de delitos desarrollado por Williamson, McLafferty *et al.*

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Evolución demográfica, por tipos de municipios en los años censales 1970-2001. Valores absolutos y relativos

Unidad de agregación*	Población censada en valores absolutos				Participación porcentual en el total de población			
	1970	1981	1991	2001	1970	1981	1991	2001
Capital	12.076.890	13.855.519	13.826.923	13.782.693	35,6	36,8	36,0	33,8
Limítrofes	3.775.564	4.779.876	5.166.053	6.035.345	11,1	12,7	13,4	14,8
Resto	18.052.173	18.999.306	19.448.310	20.920.123	53,2	50,5	50,6	51,4
Total	33.904.627	37.634.701	38.441.286	40.738.161	100,0	100,0	100,0	100,0

*Las unidades de agregación corresponden a: 1. **Capital**, que contiene todos los municipios en los que se ubica la ciudad central de la capital de provincia; 2. **Limítrofes**, correspondiente a todos los municipios que limitan con alguno de los considerados capital y, finalmente, 3. El **resto** de municipios que no se han incluido en las dos categorías anteriores

Fte. Elaboración propia sobre datos de los Censos de Población de 1970, 1981, 1991 y 2001.
Instituto Nacional de Estadística.

Tabla 2. Variación de las densidades de población por tipos de municipios en España. Periodo 1970-2001

Unidad de agregación*	Densidad de población (hab./km ²)				Variación de las densidades (hab./km ²)		
	1970	1981	1991	2001	De 1970 a 1981	De 1981 a 1991	De 1991 a 2001
Capital	559,23	641,59	640,26	638,21	82,36	-1,33	-2,05
Limítrofes	80,41	101,80	110,02	128,54	21,39	8,22	18,52
Resto	42,25	44,47	45,52	48,96	2,22	1,05	3,44
Total	68,38	75,90	77,53	82,16	7,52	1,63	4,63

*Las unidades de agregación corresponden a: 1. **Capital**, que contiene todos los municipios en los que se ubica la ciudad central de la capital de provincia. Incorpora 50 municipios correspondientes con 21.595,7 Km². 2. **Limítrofes**, correspondiente a todos los municipios que limitan con alguno de los considerados capital, lo que suponen un total de 642 municipios y una superficie de 46.953,3 Km². 3. El **resto** de municipios que no se han incluido en las dos categorías anteriores, que representa 7.515 municipios (aproximadamente 427.270 Km²).

Fte. Elaboración propia sobre datos de los Censos de Población de 1970, 1981, 1991 y 2001.
Instituto Nacional de Estadística.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

FIGURAS

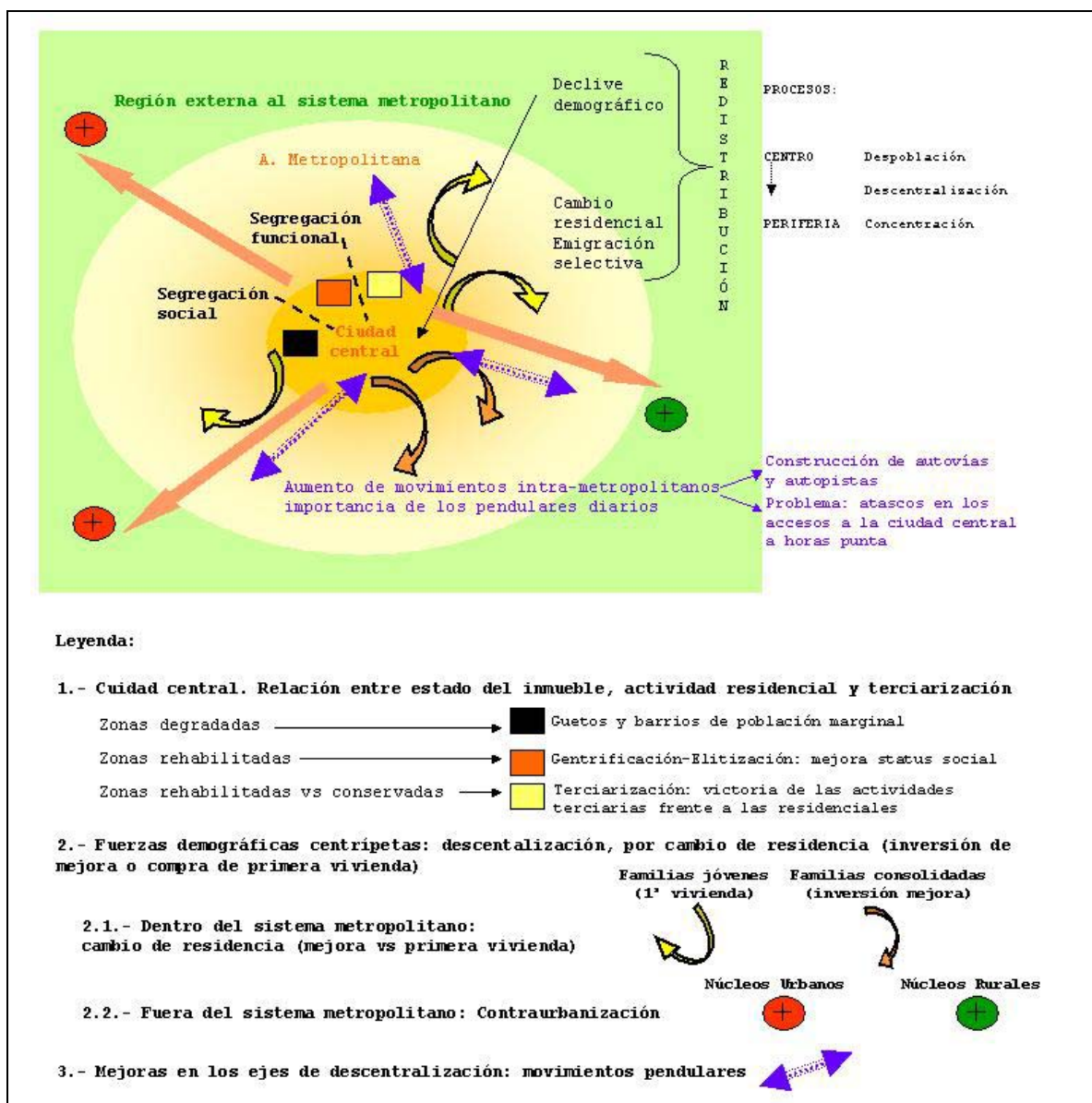


Figura 1. Esquema de los principales procesos socio-demográficos y funcionales de las áreas metropolitanas en el último cuarto de siglo

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

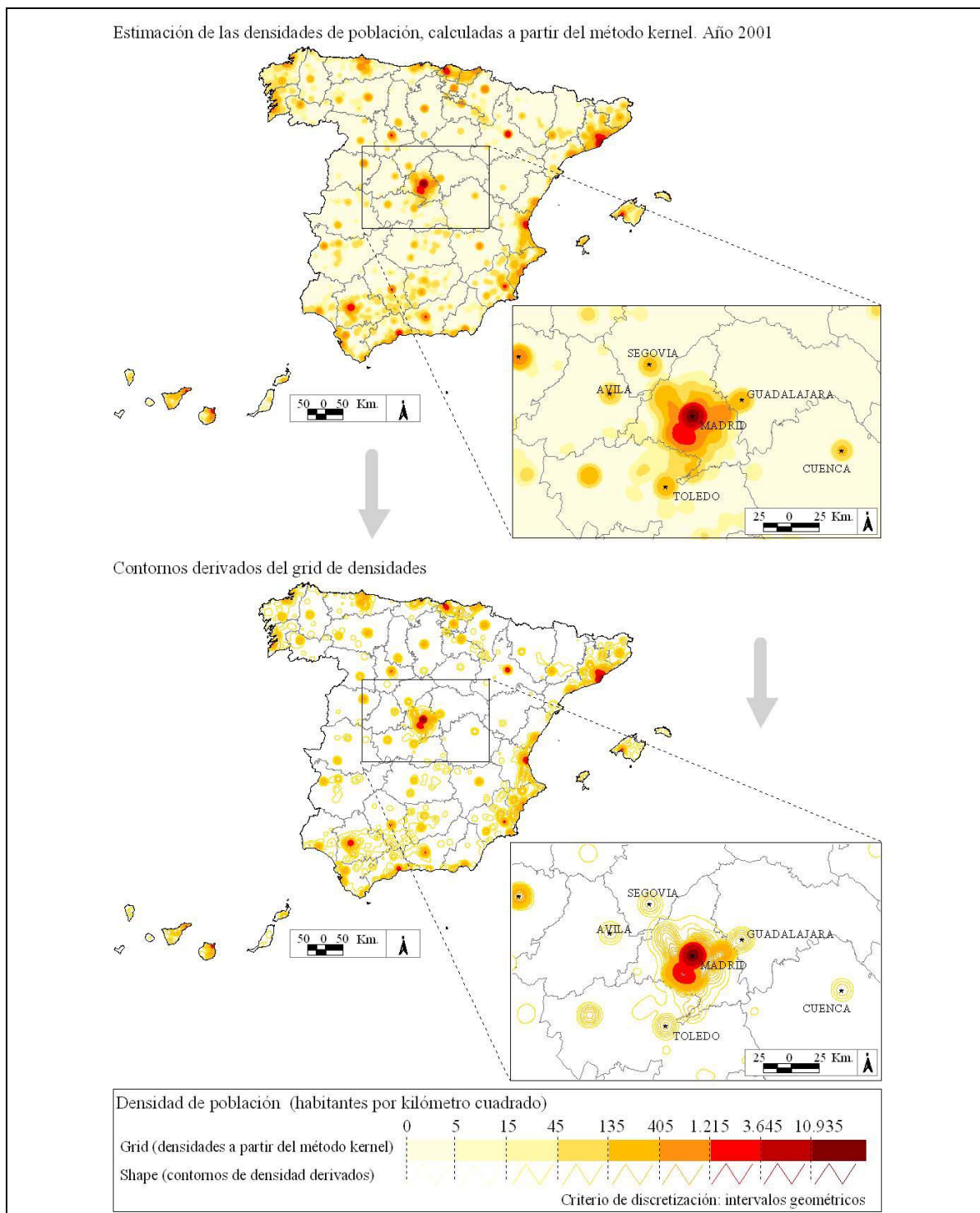


Figura 2. Generación de contornos kernel a partir de las densidades de píxeles contiguos

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

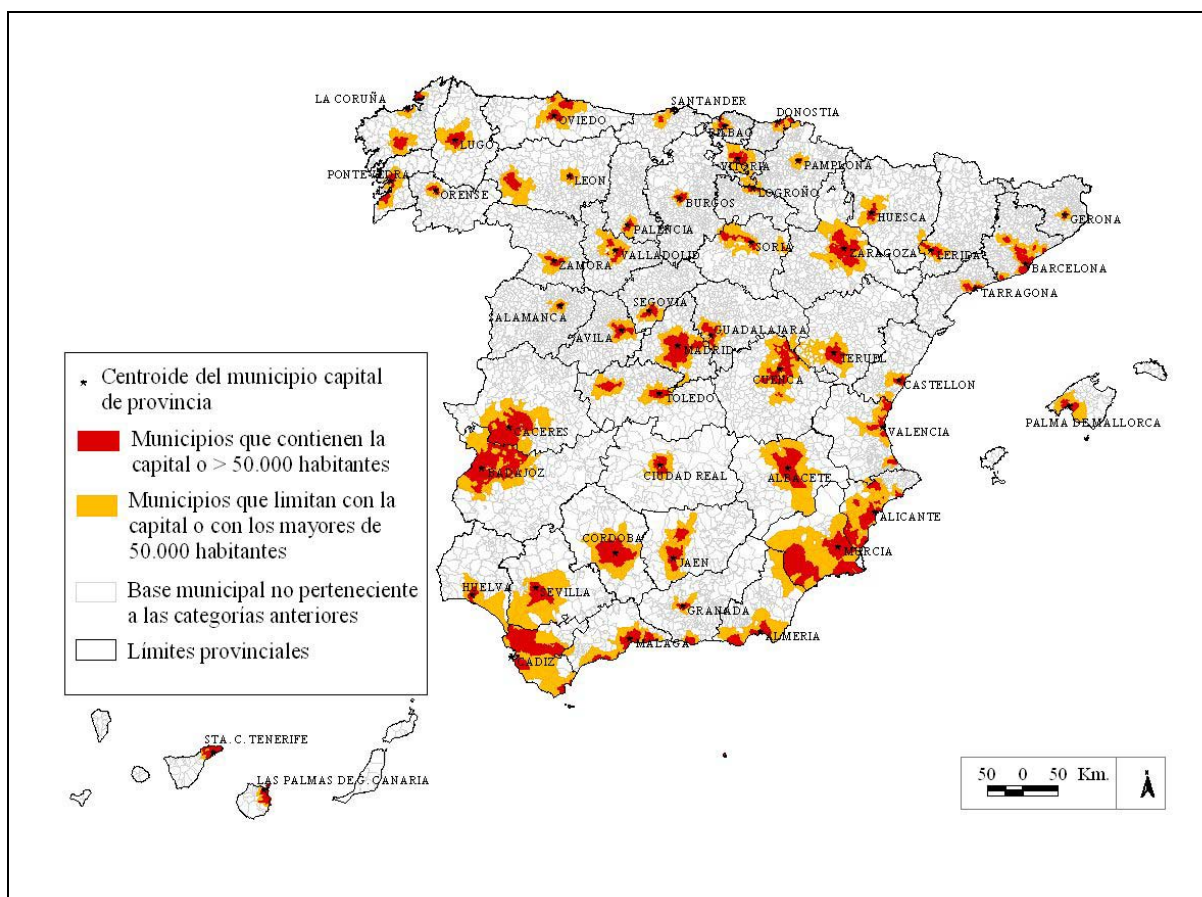


Figura 3. Definición de unidades supra-municipales en función de la capitalidad, el tamaño demográfico y la cercanía a estos ámbitos

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

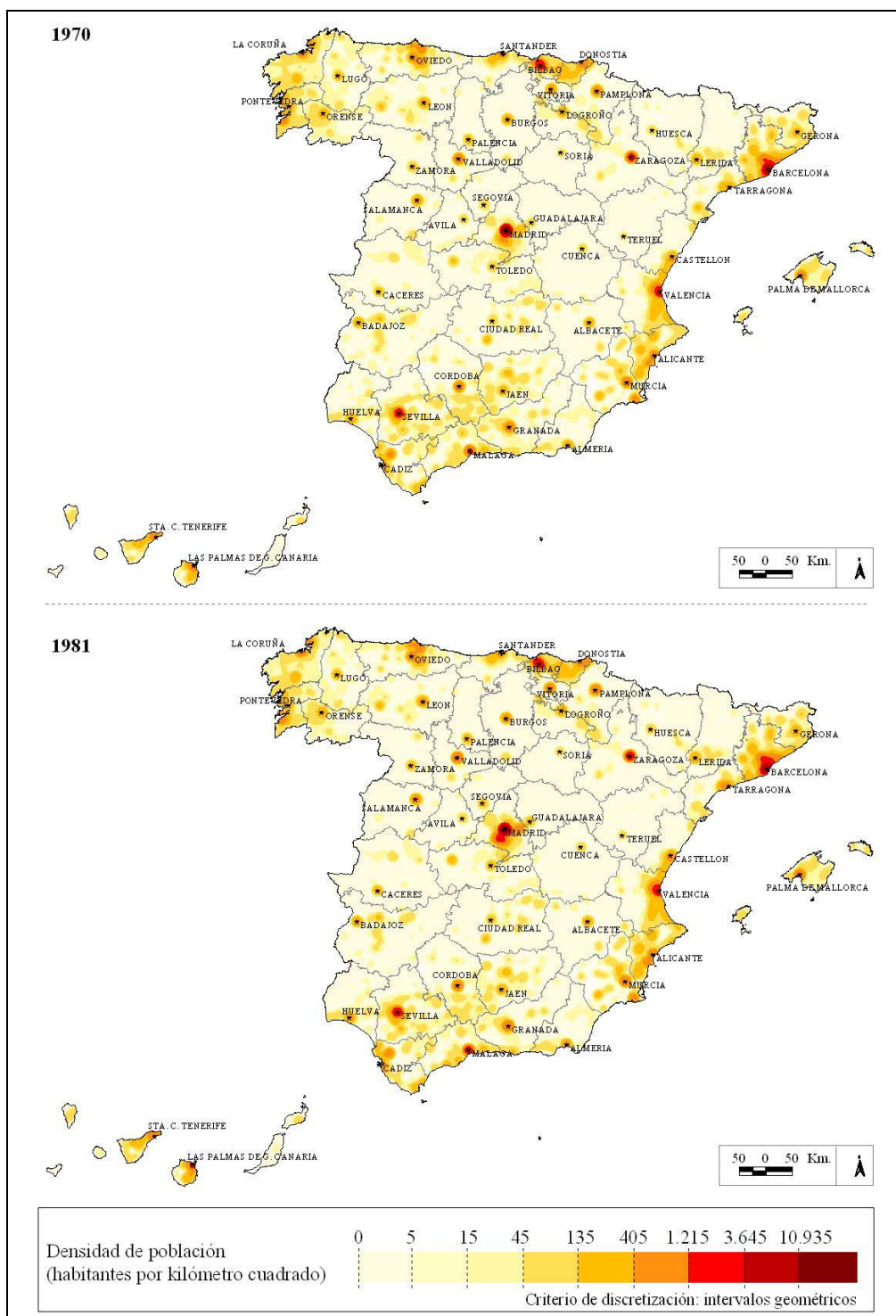


Figura 4. Densidades de población en 1970 y 1981

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1970 y 1981.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

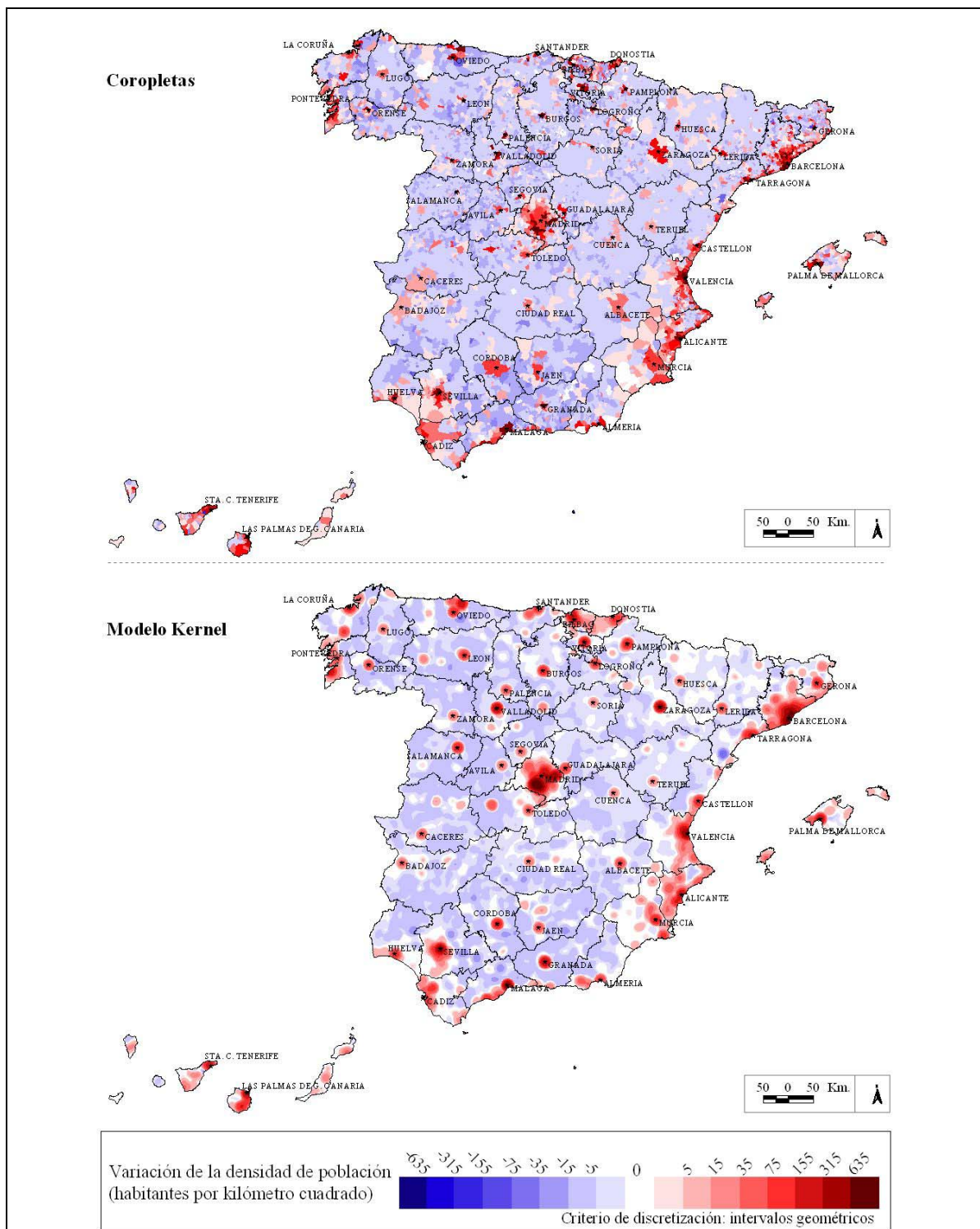


Figura 5. Variación de las densidades de población entre 1970 y 1981.

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1970 y 1981.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

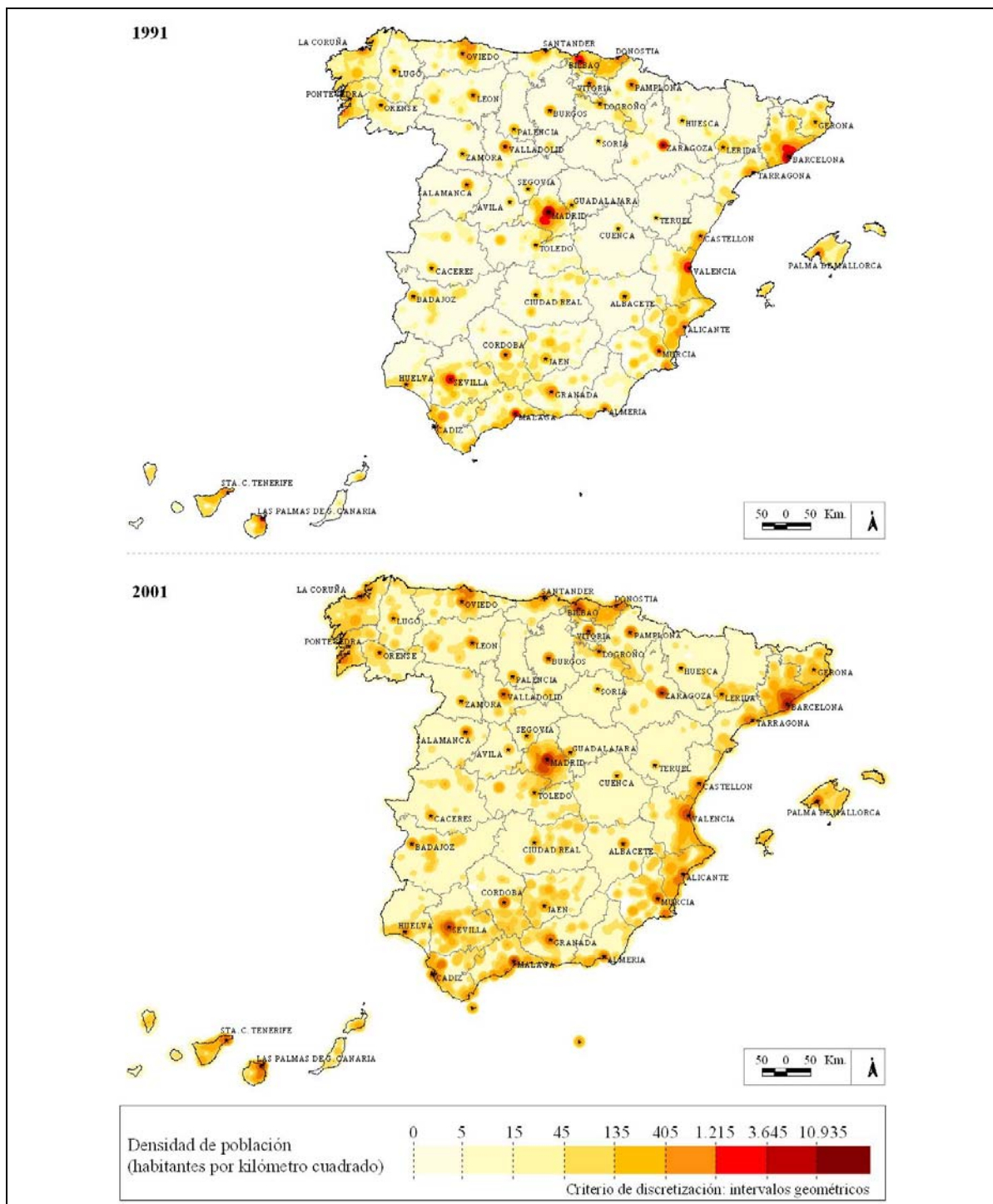


Figura 6. Densidades de población en 1991 y 2001

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1991 y 2001.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

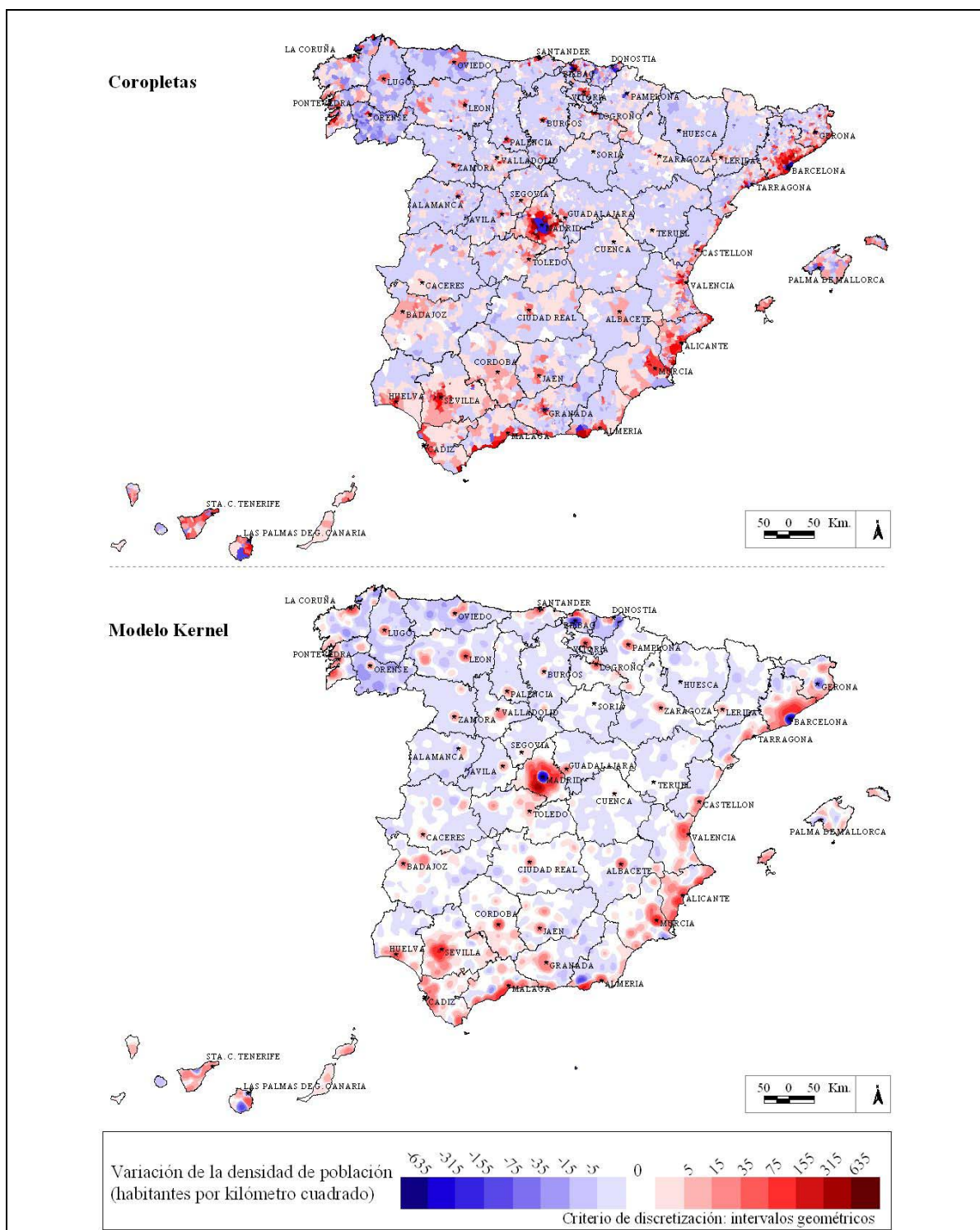


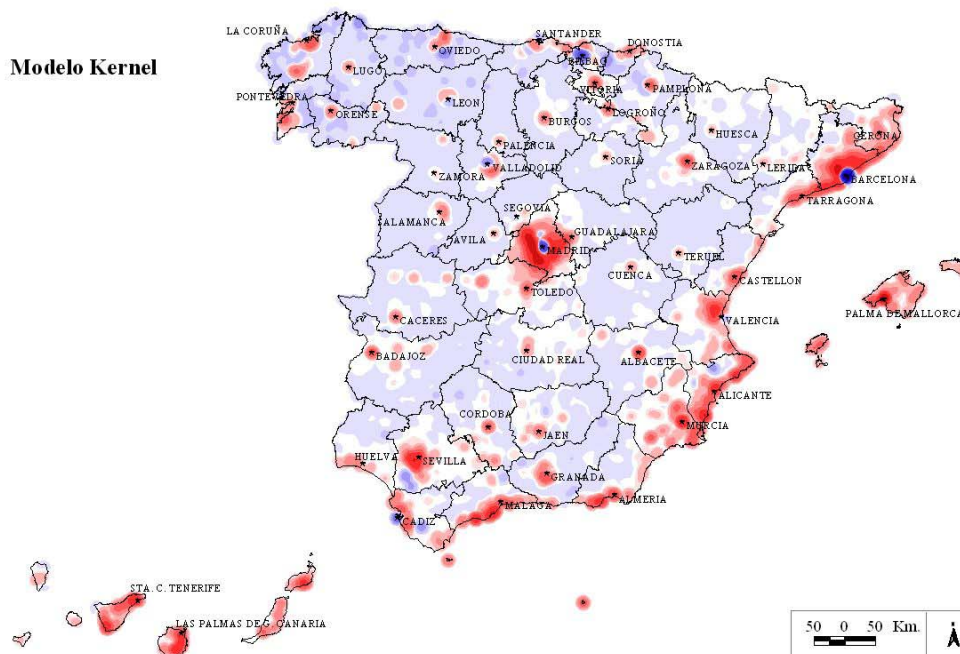
Figura 7. Variación de las densidades de población entre 1981 y 1991

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1981 y 1991.

Coropletas



Modelo Kernel



Variación de la densidad de población
(habitantes por kilómetro cuadrado)



Criterio de discretización: intervalos geométricos

Figura 8. Variación de las densidades de población entre 1991 y 2001

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1991 y 2001.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

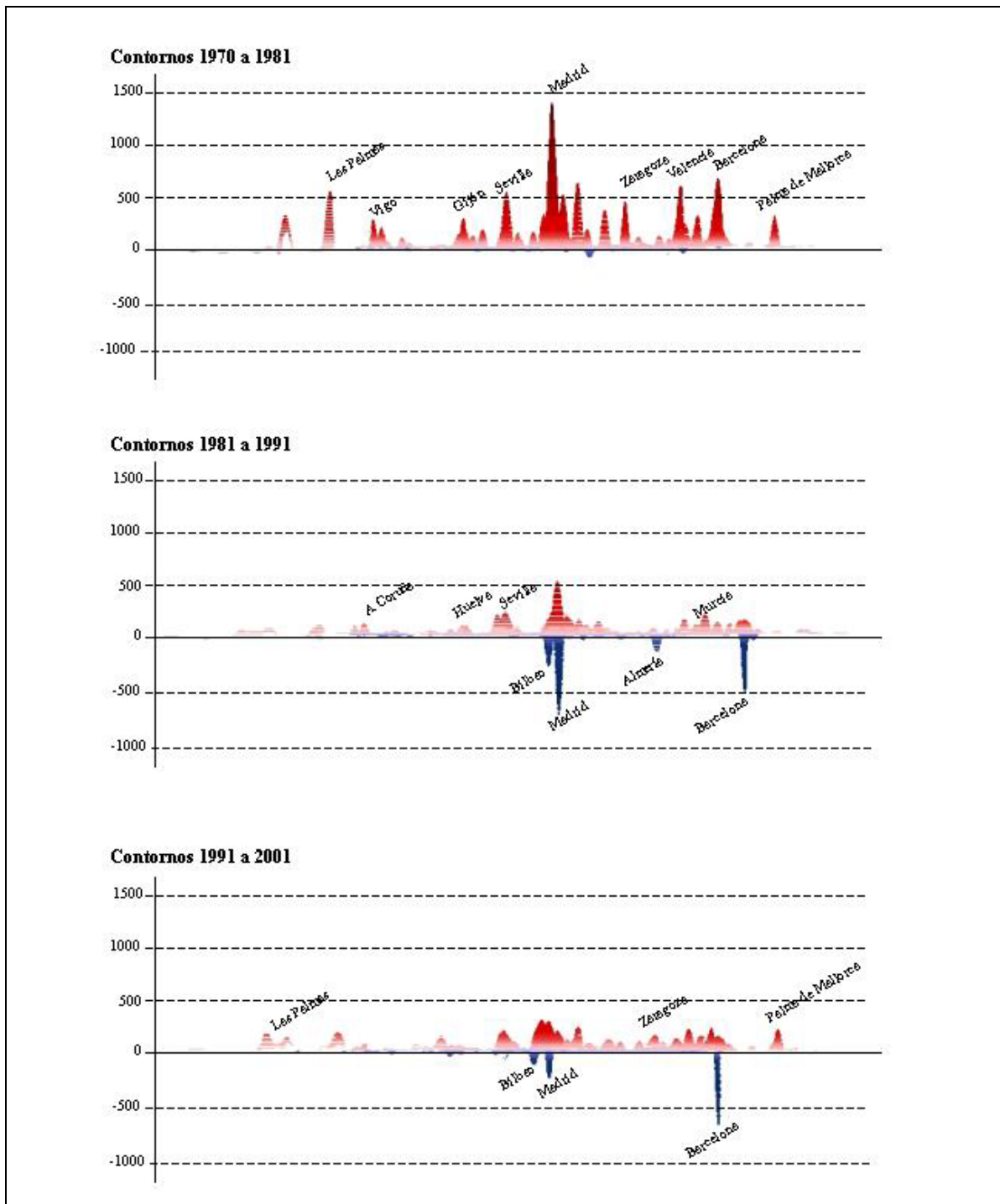


Figura 9. Perfiles de la variación de la densidad de población, en habitantes por kilómetro cuadrado, según el método de estimadores focales, entre 1970 y 2001

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1970, 1981, 1991 y 2001.

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

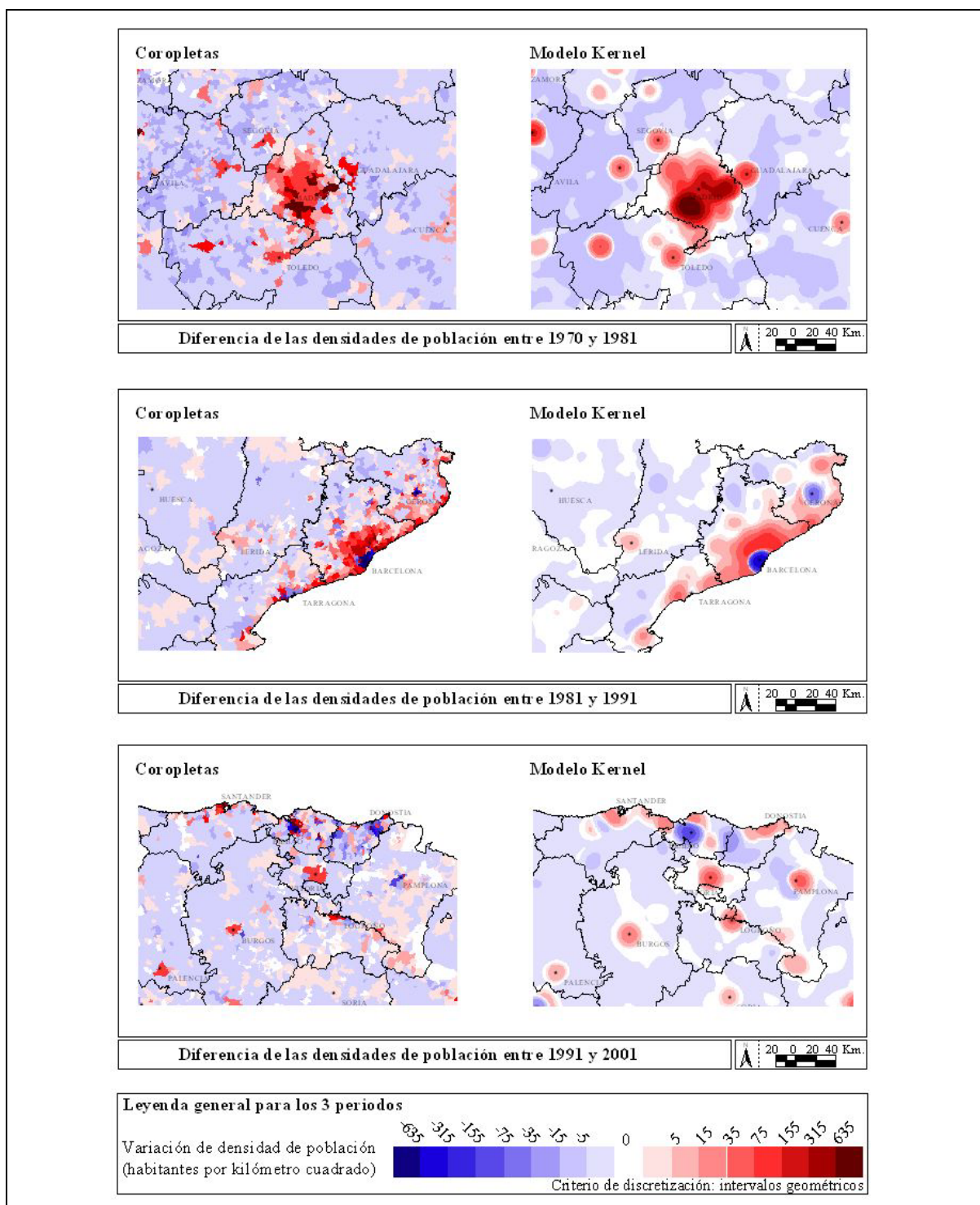


Figura 10. Comparación de las diferencias metodológicas en el cálculo de las variaciones de la densidad de población a partir de la base municipal y de los estimadores focales

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

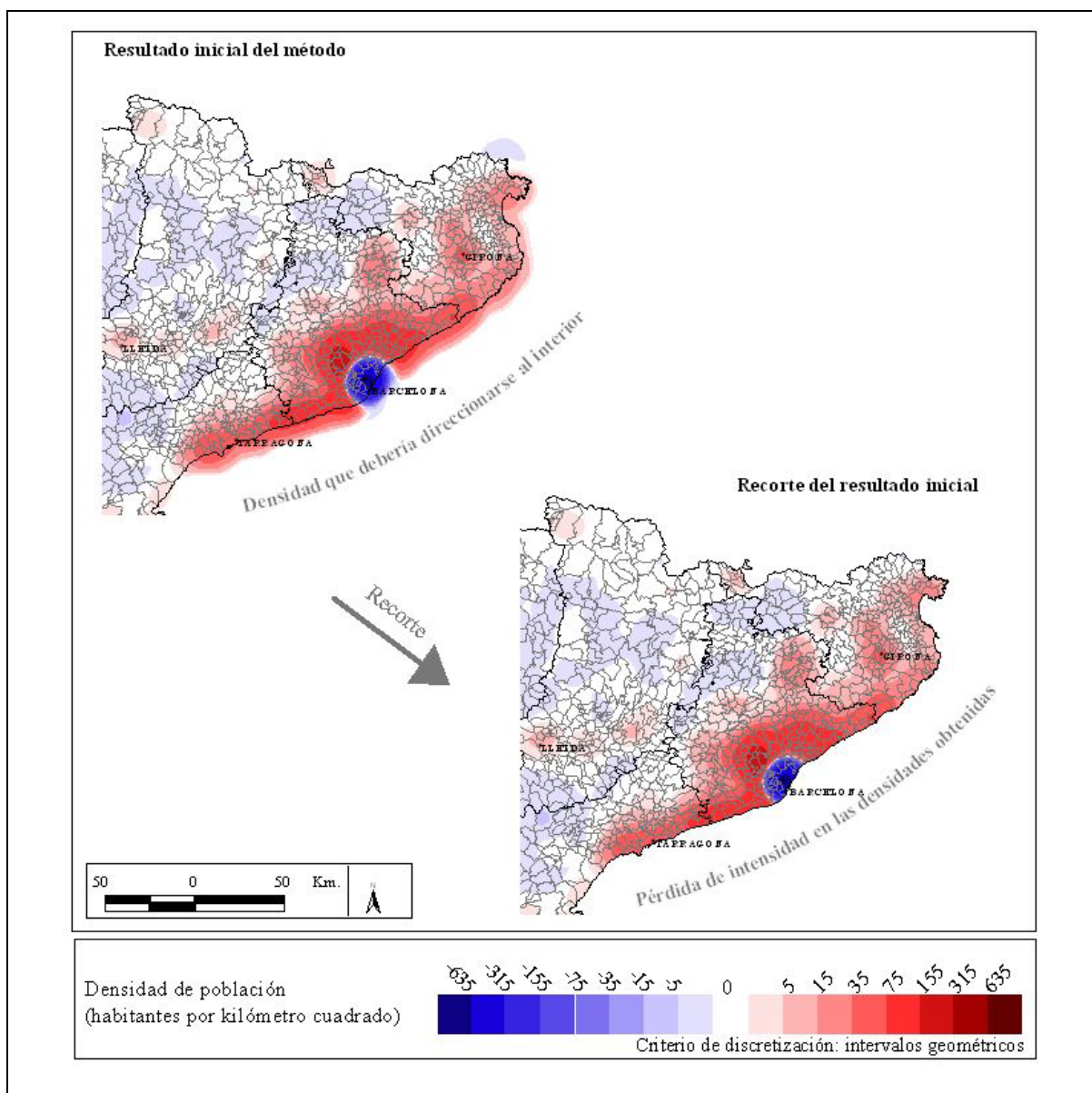


Figura 11. Zoom sobre Cataluña para representar la expansión del cálculo de densidad más allá de los límites lógicos, periodo 1991 - 2001

De Cos Guerra, O. (2004): "Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España", *GeoFocus (Artículos)*, nº 4, p. 136-165. ISSN: 1578-5157

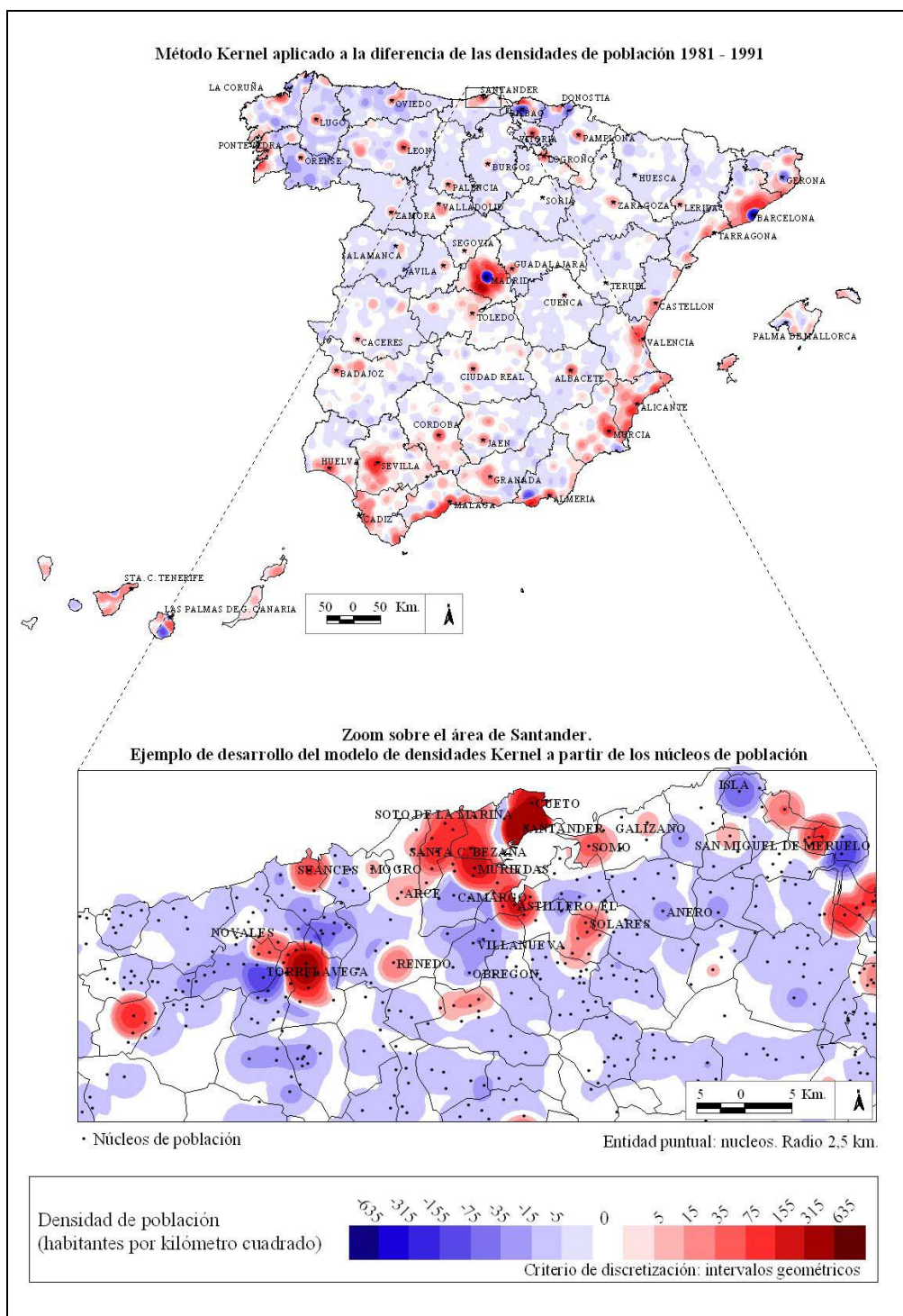


Figura 12. Zoom sobre Cantabria: variación de la densidad de población entre 1981 y 1991 a partir de los núcleos de población

Fte. Elaboración propia a partir de INE, Censos de población de 1981 y 1991.